

# Temperaturregulation und Wasserhaushalt der Sandratte *Meriones crassus* Sund., 1842<sup>1</sup>

Von E. KULZER

Aus dem Zoophysiologischen Institut der Universität Tübingen

Eingang des Ms. 17. 4. 1972

## Einleitung

Zu den ökologisch erfolgreichsten Nagetieren der paläarktischen Wüsten gehören die 12 Arten von Sandratten der Gattung *Meriones* (ILLIGER, 1811). In den nordafrikanischen und asiatischen Trockengebieten besiedeln sie nahezu alle Biotope, wie Grasland, Gebirgstäler, Sandwüsten und Kulturland am Rande der Wüste. Durch ihre Lebensweise und durch die Entwicklung hochwirksamer physiologischer Mechanismen sind sie in der Lage, den extremen täglichen Schwankungen der Umgebungstemperatur auszuweichen und auch der Gefahr der Austrocknung zu widerstehen. Höchste Aktivität entfalten die Sandratten während der Dämmerung und in den ersten Stunden der Dunkelheit. Wie einige der nordamerikanischen Wüstennagetiere sind sie vom Trinkwasser ganz oder weitgehend unabhängig und stellen ein ökologisches Äquivalent dazu dar.

Die unterirdischen Bauten von *Meriones crassus* reichen bis zu 1,5 m Tiefe und bieten einen ausgezeichneten Schutz vor dem täglichen Hitzestress und vor der starken nächtlichen Auskühlung. Das Gangsystem umfaßt einen Raum bis zu 2,5 m Durchmesser (LEWIS, R. E., J. H. LEWIS und D. L. HARRISON 1965). In besonderen Nahrungskammern speichern die Tiere beträchtliche Mengen an Samen, Zweige von Sukkulente und immergrünen Sträuchern und anderes pflanzliches Material. Die trockene Nahrung nimmt hier Feuchte aus dem hohen Wasserdampfgehalt der Luft auf und beeinflusst den Wasserhaushalt der Tiere in günstiger Weise.

Die Zucht von *Meriones crassus* unter Laborbedingungen ermöglichte es, den Ursachen ihrer erfolgreichen Existenz in den Wüsten nachzugehen. Von besonderem Interesse war dabei zunächst die Frage, in welcher Weise sie auf die starken täglichen Temperaturschwankungen reagieren und ob sie ein besonderes temperaturregulatorisches Verhalten zeigen. In einem langfristigen Versuch sollte dann geklärt werden, welchen Grad an Austrocknung sie ertragen, ob sie von Trinkwasser völlig unabhängig sind und welche physiologischen Wege der Wassereinsparung sie dabei beschreiten. Unter extremen Trockenbedingungen, wie sie auch in den Wüstengebieten herrschen, gelang schließlich auch im Labor die Aufzucht der Jungen und eine Untersuchung über die Entwicklung der Temperaturregulation.

## Material und Methoden

1965 erhielten wir einige Zuchtpaare von *Meriones crassus* aus der Negev-Wüste<sup>2</sup>, die sich in den folgenden Jahren auch unter Gefangenschaftsbedingungen gut fortpflanzten. Einzelne, in Paaren oder auch in kleineren Gruppen gewöhnten sich die Tiere in verschiedenen Terrarien

<sup>1</sup> Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

<sup>2</sup> Für die Beschaffung der Zuchttiere danke ich besonders Herrn Dr. L. FISHELSON, Tel Aviv.

ein. Sie bauten sich Nester aus gehäckseltem Papier oder aus Holzwolle. Als Nahrung erhielten sie gemischtes Körnerfutter (Weizen, Gerste, Sonnenblumenkerne), als Zusatz Salatblätter, Obst und Beeren. Nach der Geburt wurden die Muttertiere mit ihren Jungen abgetrennt oder nur mit einem Männchen zusammengehalten. Alle Temperaturmessungen erfolgten mit dem Thermophilgerät (elektronisches Thermometer, Fa. Ultrakust) mit einer Genauigkeit von  $1/10^{\circ}\text{C}$ . Die Belastung mit hohen und tiefen Umgebungstemperaturen wurde in einem Klimaschrank durchgeführt ( $0-50^{\circ}\text{C}$ ), der rasche Änderung der UT erlaubte. Bei allen Versuchen wurden die ganzen Terrarien mit gut eingewöhnten Tieren im Klimaschrank untergebracht. Bei Wasserentzug wurden die Versuchstiere einzeln in Glasbecken mit Sandgrund und Körnerfutter gehalten. Alle Versuche erfolgten im Normaltag. Täglich oder in Abständen von mehreren Tagen wurden die Körpergewichte mit einer Mettler-Schnellwaage ( $\pm 0,1\text{ g}$ ) bestimmt. — Abkürzungen: UT = Umgebungstemperatur, KT = Körpertemperatur.

## I. Temperaturregulation

### a. Körpertemperaturen

Bei Raumtemperaturen zwischen  $18$  und  $25^{\circ}\text{C}$  regulieren die erwachsenen Wüstenratten ihre Körpertemperatur mit der gleichen Genauigkeit wie andere homoiotherme Nagetiere gleicher Körpergröße. Ihre mittlere Körpertemperatur beträgt  $36,6 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$  ( $n = 50$ , gemessen an 20 Versuchstieren). Zwischen Ruhe und Aktivität liegt eine Temperaturspanne bis zu  $3,3^{\circ}$ . Bei ruhenden Tieren mißt man in der Regel Temperaturen zwischen  $36-37^{\circ}$ , schon nach kurzen Aktivitätsphasen dagegen  $38-39^{\circ}$ . Für einen Temperaturanstieg von  $36,4$  bis  $39,7^{\circ}$  benötigte ein Versuchstier 21 Minuten (kontinuierliche Messung). Die niedrigsten Körpertemperaturen wurden am frühen Morgen, die höchsten innerhalb der verschiedenen Aktivitätsphasen gemessen.

### b. Reaktionen auf niedrige Umgebungstemperaturen

Um die Sandratten langsam an die tiefen Temperaturen zu gewöhnen, wurde die UT schrittweise von  $25^{\circ}$  (in jeweils 24 Std.) bis auf  $5^{\circ}\text{C}$  erniedrigt. In einer anhaltenden Kälteperiode (5 Tage) wurden ihre Körpertemperaturen, die Körpergewichte und ihr Verhalten registriert. In Abb. 1 ist eine derartige Versuchsreihe dargestellt. Alle drei Versuchstiere verharrten bei  $5^{\circ}\text{UT}$  überwiegend in einer typischen Schlafstellung. Mit eingezogenem Kopf hockten sie eng beisammen; ihre Haare waren stark gesträubt. Ein Berührungszusatz versetzte sie auch nach 5 Tagen Kälteeinwirkung sofort in Erregung. Sie wurden täglich aktiv und nahmen Körnerfutter zu sich; ihr Körpergewicht blieb während der ganzen Ver-

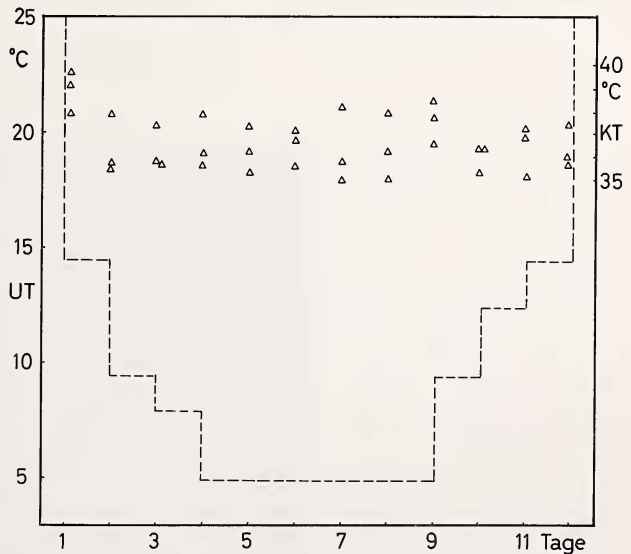


Abb. 1. Schrittweise Erniedrigung der Umgebungstemperatur (UT) und eine fünftägige Kältebelastung ( $5^{\circ}\text{C}$ ) haben auf die Höhe der Körpertemperatur (KT  $\triangle$ ) keinen Einfluß. Keines der drei Versuchstiere geriet dabei in Kältelethargie

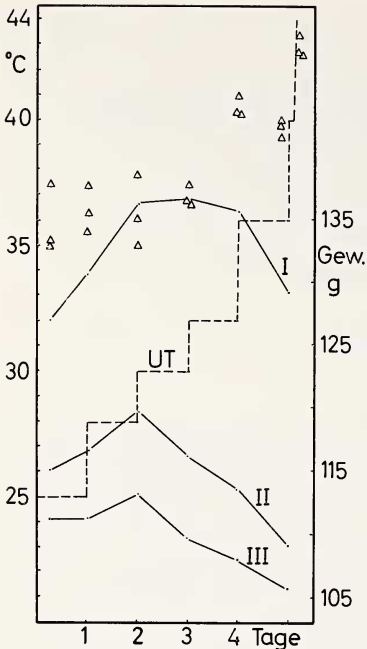


Abb. 2. Die Körpertemperaturen ( $\Delta$ ) von drei Versuchstieren bei stufenweise steigender Umgebungstemperatur (UT). Die Körpertemperatur steigt, wenn die UT ihren Bereich erreicht. Während der starken Hitzebelastung (rel. Feuchte 20–30%) verlieren die Sandratten (I, II, III) erheblich an Gewicht

Bei 36–37° zeigte sich eine neue Verhaltenskomponente: alle Versuchstiere beleckten eifrig ihre Vorderpfoten und anschließend die ganze Kinnregion. Der gesamte Unterkieferbereich wurde dabei deutlich benetzt. Die Atmung war beschleunigt und die KT stieg steil an. Ohne Zweifel versuchten die Tiere, ihre überschüssige Körperwärme nun durch Verdunstung von der Hautoberfläche und durch Kontakt mit der noch kühleren Unterlage loszuwerden. Bei 40° beleckten sie eifrig auch die Körperflanken und die Hinterbeine. Ihre KT stieg während dessen über 41° an. Durch heftiges Springen zur Käfigdecke versuchten alle drei zu fliehen oder sie wechselten in Minutenabständen ihren Liegeplatz. Bei 44° UT bestimmte allein das Einspeicheln ihr Verhalten (Abb. 4). Vorderbeine, Pfoten, Brust und Kehlgasse waren durchnäßt. In diesem Stadium wurde der Versuch abgebrochen. Alle drei Tiere verloren während der starken Hitzebelastung erheblich an Körpergewicht, erholten sich aber anschließend wieder.

Bis zu 32° UT (Ende des 4. Versuchstages) blieben die KT der Versuchstiere praktisch unverändert. Die Schwankungen übertrafen das normale Ausmaß noch nicht. Das Weibchen hatte dabei stets eine höhere Durchschnittstemperatur als die beiden Männchen und war weniger aktiv. Nach 24stündigem Aufenthalt bei 35–37° war die KT bei allen drei Tieren erhöht. Zu Beginn des 6. Versuchstages (37°) betrug die KT am frühen Morgen 41,2, 41,3 und 41,7° C. Von 8 Uhr bis 10.15 Uhr stieg nun die UT von 37 bis 44° und blieb dann 60 Min. lang konstant. Das ausgeprägte Grab- und Fluchtverhalten sowie das starke Einspeicheln des Körpers zeigten die große Bedrängnis der Tiere an. Überraschenderweise sank

suchsdauer konstant. In keinem Falle gerieten die Sandratten in einen lethargischen- oder winterschlafähnlichen Zustand. Ihre Körpertemperaturen sanken nicht wesentlich ab. Durch schrittweisen Anstieg der UT wurden sie wieder an normale Bedingungen gewöhnt.

### c. Reaktionen auf hohe Umgebungstemperaturen

Auch bei diesen Versuchen konnten sich die Wüstenratten an die erhöhte UT langsam anpassen; ausgenommen davon blieb allein die höchste Temperaturstufe (40–44°), die, um die Tiere nicht zu gefährden, nur etwa 160 Min. andauerte. Bei allen Versuchen standen frische Salatblätter bereit, so daß die Hitzeresistenz nicht durch eine Erschöpfung der Wasserreserven beeinträchtigt wurde (Abb. 2).

Bereits bei 28° C änderten die Sandratten ihre Schlafposition (Abb. 3). Ihre Beine blieben nicht mehr unter dem Körper verborgen, sondern wurden weit abgestreckt. Ihre Haare lagen der Haut flach an. Bei den Männchen traten die Hoden stark hervor. Bei 30° setzte eine periodische Grabaktivität ein. Der Sandboden des Terrariums wurde aufgewühlt; anschließend legten sich die Tiere flach mit weit gespreizten Beinen auf den Boden. Dazwischen wurden kurzfristig Salatblätter gefressen. Bei 35° steigerte sich die Grabaktivität noch erheblich. Bei den Männchen traten die Hoden (nackte Oberfläche) nun besonders stark hervor; sie wurden auf die Sandfläche gepreßt.

die KT aber nochmals kurzfristig ab ( $39,3$ ,  $39,0$ ,  $39,0^\circ$ ). Erst gegen 10 Uhr stieg sie erneut, diesmal auf  $40,7$ ,  $41,6$  und  $40,6^\circ$ . Nach 60 Min. bei  $44^\circ$  UT betrug die KT  $42,6$ ,  $42,6$  und  $43,3^\circ$ . In dieser Situation wurde der Versuch beendet und eine langsame Abkühlung eingeleitet.

#### d. Entwicklung der Temperaturregulation

Schon vor der Geburt der Jungen legen *Meriones*-♀♀ ein umfangreiches Nest an. Aus dem zur Verfügung stehendes Material (Papier, Holzwohle, Watte) wird eine Nestmulde oder Kugel gebaut, in der die Neugeborenen etwa 14 Tage unter dem wärmenden Körper des Muttertieres liegen. Ich habe 32mal die Körpertemperatur von Jungen gemessen, die unter dem Muttertier lagen (Alter 3

bis 10 Tage). Sie betrug im Mittel  $36,8^\circ$ ; die Jungen waren genauso warm wie das Muttertier selbst. Entfernte man aber das Weibchen, so sank die Körpertemperatur der Jungen sehr rasch, auch wenn sie noch dicht beisammen lagen. Die Fähigkeit zur Regulation ihrer Körpertemperatur (Homöothermie) erlangen sie erst im Verlaufe ihrer Jugendentwicklung. Um diesen Zeitpunkt zu finden, wurden folgende Versuche durchgeführt:

1. Aus einem Wurf mit 5 Jungen wurden täglich 2 Tiere ausgewählt und in einer Glaskuvette im Thermostaten 30 Min. lang einer UT von  $18^\circ \pm 0,5^\circ$  C ausgesetzt.

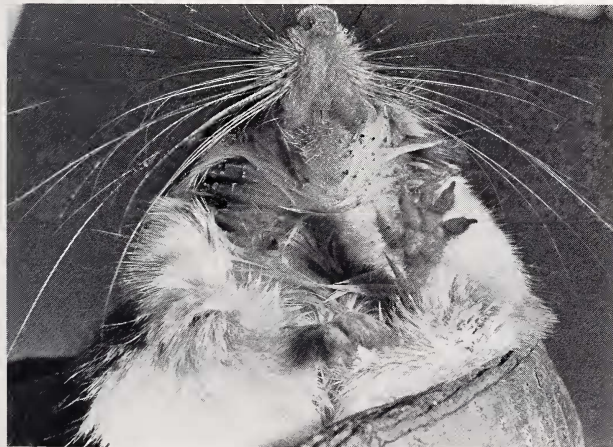


Abb. 4. Die Kehlrregion nach starker Einspeichelung bei Hitzestress

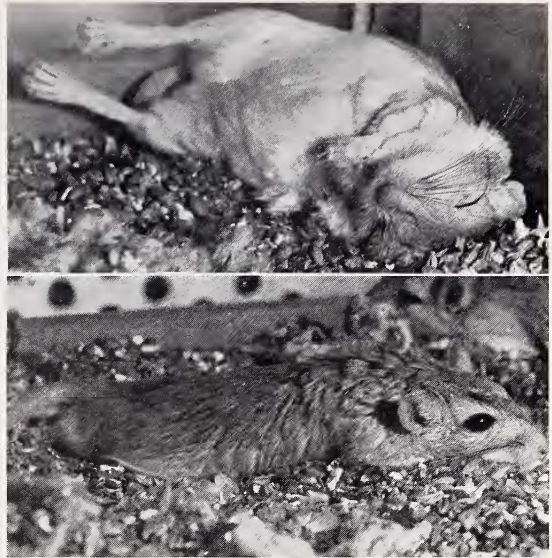


Abb. 3. Verhalten bei Hitzestress: Schlafstellung (oben) bei  $28^\circ$  C; nach dem Ausgraben einer Sandmulde legen sich die Tiere flach auf den noch kühleren Boden (unten)

In kurzen Zeitabständen habe ich dabei die Temperatur im Nacken gemessen und am Ende des Versuches das Körpergewicht bestimmt (Abb. 5).

In Tab. 1 sind 30 derartige Versuche in 4 Altersgruppen geordnet und die jeweiligen Körpertemperaturen am Anfang und am Ende der Versuche wiedergegeben. Daraus geht klar hervor, daß erst die 4. Altersgruppe den Zustand der Homöothermie erlangt. Noch 10 Tage nach der Geburt erfolgte innerhalb der 30 Min. eine fast voll-



Abb. 5. Die Messung der Körpertemperatur mit einem Temperaturfühler im Nacken eines Neugeborenen

ständige Angleichung der Körpertemperatur an die Umgebungstemperatur. Dabei gerieten die Jungen in tiefe Hypothermie; sie konnten aber in jedem Falle wieder künstlich aufgewärmt werden. Bis zum 17. Lebenstag zeigte sich eine deutliche Verzögerung der Abkühlung.

Der Verlauf von 7 Versuchen ist nach dem Alter geordnet in Abb. 6 anschaulich dargestellt. Es

sind repräsentative Abkühlungskurven aus den verschiedenen Altersklassen. Hieraus geht klar hervor, daß der homiotherme Zustand erst um den 18. Lebenstag erreicht wird. Dieser Zeitpunkt liegt 1—2 Tage nach dem Öffnen der Augen; die Jungen verlassen nun täglich das Nest, putzen sich selbst und fressen bereits Salatblätter. Sie werden aber noch immer gesäugt und bei Gefahr vom Weibchen ins Nest zurückgetragen. Ihr Fell ist dem der erwachsenen Tiere schon sehr ähnlich.

Tabelle 1

Entwicklung der Temperaturregulation bei *Meriones crassus*-Jungtieren  
(Körpertemperaturen nach 30 Min. Abkühlungsperiode bei 18° C)

Altersgruppen	Tage nach Geburt	Körpergewichte	Körpertemp. am Vers.-Anfang	Körpertemp. am Vers.-Ende Mittel- u. Extremwerte	n <sub>2</sub>
I	3—8	4,9—11,3 g	34,5—37,0° C	21,2 (20,6—22,2)	8
II	9—13	12,1—14,3 g	34,6—36,9° C	23,8 (21,9—25,7)	10
III	15—18	14,0—17,0 g	35,1—37,4° C	31,7 (27,5—35,7)	7
IV	19—20	16,3—18,4 g	37,1—38,0° C	37,1 (35,9—38,1)	5

2. In einer 2. Versuchsserie prüfte ich in 2 Altersklassen die Fähigkeit zur Temperaturregulation bei rasch wechselnden Umgebungstemperaturen. 2 Versuchstiere (Alter 7 und 8 Tage) wurden dazu einem raschen Temperatursturz (bis 13°) und anschließend einem Anstieg (40—42°) innerhalb von 150 Minuten ausgesetzt. Einer der Versuche ist in Abb. 7a dargestellt. Wie nach den vorausgehenden Versuchen zu erwarten war, trat tiefe Hypothermie ein. Die Jungen bewegten sich nicht mehr. Erst nach Wiedererwärmung (UT = 33—36° C) regten sie sich erneut. Bei 39° UT versuchte eines, ununterbrochen zu fliehen; bei Körpertemperaturen zwischen 40 bis 41,5° fing es an, heftig zu zittern, und atmete nur noch unregelmäßig. Daraufhin wurde die UT wieder gesenkt; beide Jungen überstanden den Versuch ohne Schaden. Er zeigt deutlich, daß die Körpertemperatur weitgehend dem raschen Wechsel der UT folgt.

Ein völlig anderes Ergebnis brachten 4 Versuche am 23. und 24. Lebenstag, in denen die UT nach 70 und 140 Min. wechselte. Die Kälteeinwirkung dauerte in diesem Falle länger als in dem vorhergehenden Versuch. Der Verlauf der Körper-

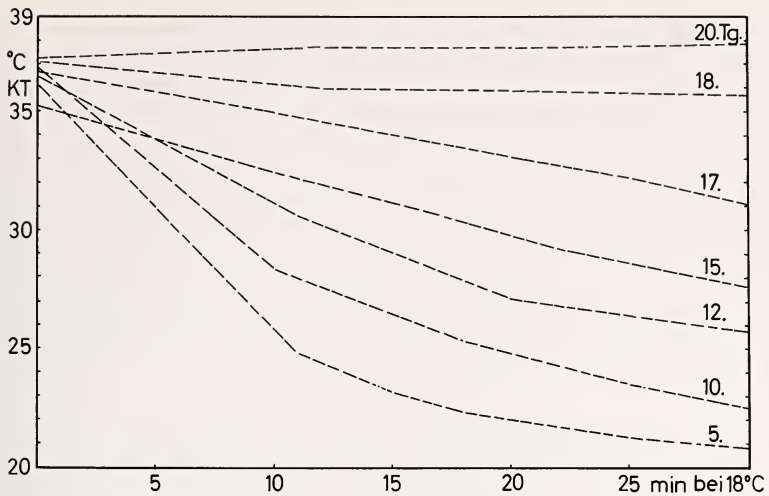


Abb. 6. Kältebelastung von 7 Jungtieren in verschiedenem Alter (30 Min. bei 18° C). Mit zunehmendem Alter wird die Auskühlung geringer. Um den 18. Tag ist der homiotherme Zustand erreicht

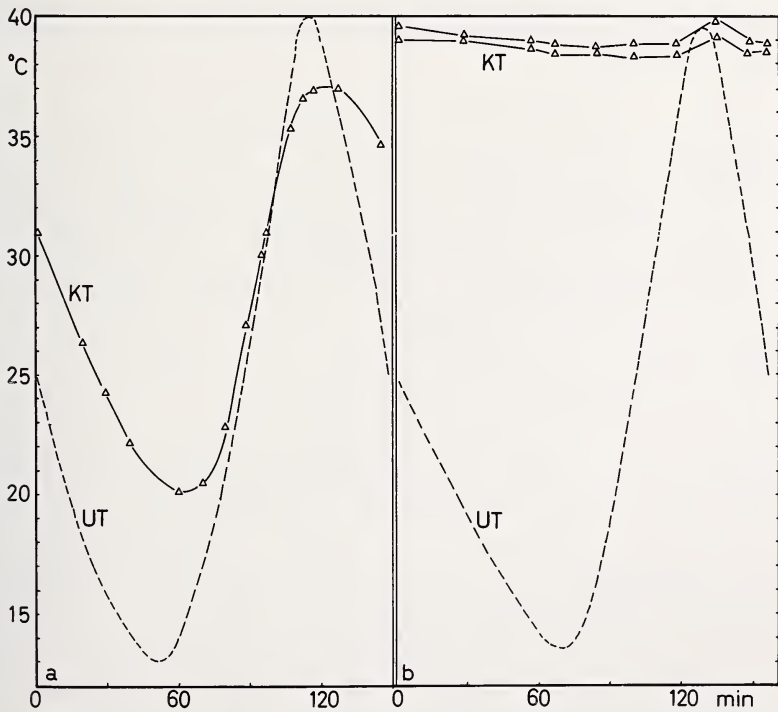


Abb. 7 a. Der Verlauf der Körpertemperatur ( $\Delta$ ) bei einem 7 Tage alten Jungen bei rasch wechselnder Umgebungstemperatur (UT) — b. Körpertemperaturen von zwei Jungen am 23. Lebenstag. Beide reagieren bereits homiotherm (rel. Feuchte 40—60%)

temperatur von 2 Jungen ist in Abb. 7b dargestellt. Während der Kältebelastung sank ihre KT nur weniger als  $1^{\circ}$ . Sie überstanden die Abkühlung in zusammengekauerter Stellung mit nahezu konstanter KT. Der nun folgende Temperaturanstieg brachte die Jungen erst bei  $39^{\circ}$  C UT in starke Bedrängnis. In ähnlicher Weise wie die erwachsenen Tiere legten sie sich breit auf den Boden und streckten die Hinterbeine weit ab. In einem weiteren Versuch begannen 2 Junge, bereits zwischen  $32-36^{\circ}$  UT sich eifrig zu putzen (Einspeichelung). Bei  $39,5^{\circ}$  versuchte eines davon, aus der Kuvette zu entkommen, legte sich aber dann flach auf den Boden. Seine höchste KT betrug  $41,0^{\circ}$  C. Dieses Verhalten hielt an, bis die UT wieder auf  $30-33^{\circ}$  abgesunken war. Auch diese Versuche zeigten, daß der homiotherme Zustand und das kennzeichnende thermoregulatorische Verhalten erst in der 3. Lebenswoche erworben wird, zu einem Zeitpunkt, wo die Jungen ihr Nest verlassen und in zunehmendem Maße selbständig werden.

## II. Wasserentzug und Austrocknungstoleranz

### a. Gewichtsverluste bei Trockendiät

Die Widerstandsfähigkeit von *Meriones crassus* unter extremen Trockenbedingungen wurde in folgender Weise geprüft: 10 Versuchstiere erhielten täglich nur noch luftgetrocknetes Körnerfutter ad. lib. Sie wurden bis zu 6 Monaten täglich gewogen. Vor diesen Versuchen hatten sie Mischfutter (Körner und Salat) erhalten; ihre Körperge-

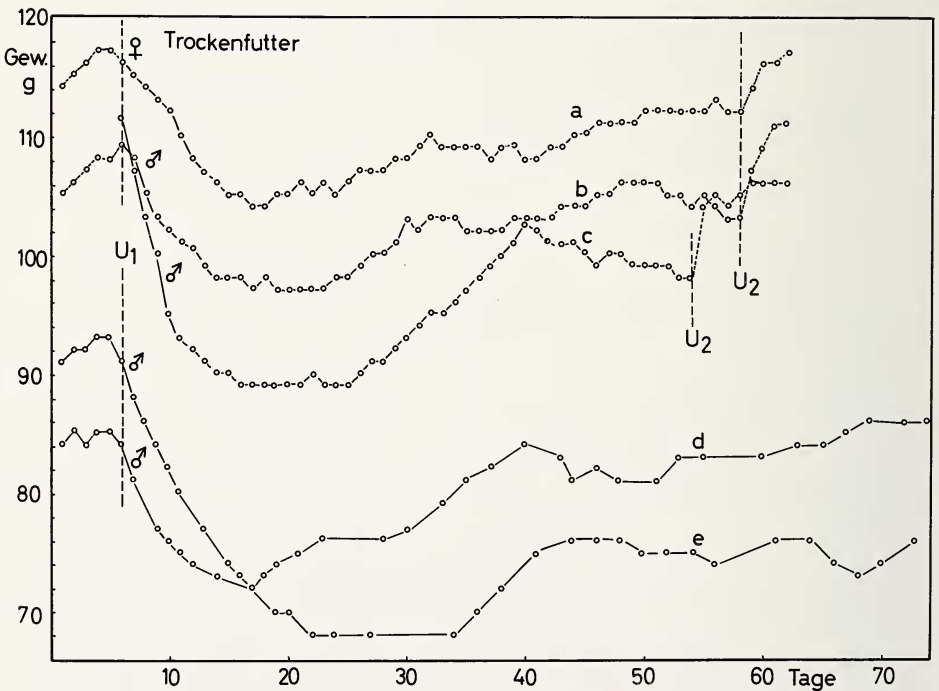


Abb. 8. Wasserentzug und Körpergewicht: Die Umstellung ( $U_1$ ) von Misch- auf Trockenfutter führt stets zu einem starken Gewichtsrückgang, der erst im Verlaufe von 40 bis 60 Tagen wieder aufgeholt wird. Die Tiere a, b, c erhielten zwischen 50. bis 60. Tag erneut feuchte Diät ( $U_2$ ), während d und e bis zum 160. Tag nur trockenes Futter bekamen

wichte waren dann über einen längeren Zeitraum konstant oder nahmen sogar zu. In regelmäßigen Abständen wurde auch die Rectaltemperatur gemessen. In Abb. 8 sind 5 dieser Versuche ausschnittsweise dargestellt.

Unmittelbar nach Beginn der Trockendiät setzte in allen Fällen ein abrupter Gewichtsverlust ein, der 10–15 Tage lang anhielt. Die Tiere magerten dabei stark ab. Ihre Anfangskörpergewichte lagen zwischen 83,5 und 118,3 g. Innerhalb von 10–15 Tagen verloren sie zwischen 6,2 und 26,4 % des Anfangskörpergewichtes. Die Schwankungen der KT während dieser Austrocknungsphase liegen noch innerhalb der anfangs ermittelten Extremwerte. Der Wasserentzug führte somit zu keiner erkennbaren Veränderung der KT.

Bei anhaltender Trockenheit erfolgte eine Stabilisierung des Körpergewichts von 6–10 Tagen Dauer und anschließend in allen 10 Versuchen erneut eine starke Gewichtszunahme. Diese Erholungsphase dauerte etwa 10–20 Tage. Wiederum stabilisierte sich das Gewicht auf einem höheren Niveau. Dies geht besonders aus den beiden Kurven d und e hervor (Gewichtsverlauf bis zum 74. Tag). Bei diesen beiden Tieren änderte sich das Körpergewicht vom 45. bis 160. Tag nicht mehr wesentlich. Erst danach nahmen beide wieder deutlich zu, so daß auch sie unter den extremen Trockenbedingungen wieder ihr Ausgangsgewicht erreichten. Beide wurden über 12 Monate bei Trockendiät gehalten. In den Versuchen a, b und c ist die erneute Umstellung auf eine feuchte Diät dargestellt; alle 3 Tiere reagierten sofort mit einem steilen Gewichtsanstieg. Ohne genaue Gewichtskontrollen wurden Versuchstiere über 3 Jahre bei Trockenfutter gehalten. Sie benötigten somit weder Trinkwasser noch frisches Pflanzenmaterial, um ihren angespannten Wasserhaushalt auszugleichen. Dies ist nur dann möglich, wenn durch eine hohe Konzentrierungsleistung der Niere und durch Wasserresorption aus dem Kot der Wasserverlust niedrig gehalten werden kann.

### b. Maßnahmen zur Wassereinsparung

Bei nahezu allen untersuchten Wüstennagetieren wird der Wasserverlust durch starke Konzentrierung des Urins eingeschränkt. In drei Versuchsreihen wurde deshalb die Urinmenge und die Konzentration aller darin gelösten Stoffe mit Hilfe eines Kryoskopiegerätes (Osmometer, Fa. Knauer) bestimmt. Die Versuchstiere wurden in zylindrischen Drahtkäfigen mit weitmaschigem Boden untergebracht und ihr Urin durch einen Trichter unter Paraffinöl aufgefangen, abgekühlt und später untersucht.

Wurde nur Salatfutter angeboten (17–19 g täglich), so konnte bei 4 Versuchstieren jeweils 9–11 ml Urin in 24 Std./100 g Körpergewicht aufgefangen werden. Die Gefrierpunktserniedrigung des stark verdünnten Urins betrug im Mittel 0,72°. Die tägliche Urinmenge von 6 bei Trockendiät gehaltenen Tieren betrug dagegen nur 0,4 bis 1,2 ml/100 g Körpergewicht, und die Gefrierpunktserniedrigung lag bei 5,3°. Bei Mischfutter (Körner und Salat) betrugen die Urinmengen 2,3–3,7 ml/Tag/100 g Körpergewicht; die Gefrierpunktserniedrigung lag im Mittel bei 1,8°. Die Wassereinsparung und die Konzentrierungsleistung der Nieren bei Trockendiät geht aus diesen Versuchen bereits klar hervor.

Langfristiger Wasserentzug führt auch zu einer Abnahme des Kotgewichtes und des Wassergehaltes im Kot. Erst bei erneuter Umstellung auf feuchte Nahrung steigt das Gewicht und der Wassergehalt der täglichen Kotmenge wieder an. In Tabelle 2 sind jeweils 9 derartige Versuche zusammengefaßt.

### III. Fortpflanzung unter extremen Trockenbedingungen

Bei der Zucht der Versuchstiere fiel auf, daß die Zahl der Jungen von den bei Trockendiät gehaltenen Weibchen immer sehr gering war und daß die einzelnen Würfe



Tabelle 2

## Nahrungsaufnahme, Kotmengen und Wassergehalt im Kot

	Mittel- u. Extremwerte
<i>Mischfutter</i>	
Körnerfutter in g / 100 g Körpergewicht	7,2 ( 5,1 — 11,6)
Salatfutter jeweils 10—12 g <sup>1</sup>	
Kot (Frischgewicht in g / 100 g Körpergewicht)	1,3 ( 0,8 — 2,0)
Wassergehalt in % des Frischgewichtes	50,8 (43 — 65 )
<i>Trockendiät</i>	
Körnerfutter in g / 100 g Körpergewicht	5,5 ( 3,3 — 6,9)
Kot (Frischgewicht in g / 100 g Körpergewicht)	0,6 ( 0,3 — 1,2)
Wassergehalt in % des Frischgewichtes	38,6 (30 — 49 )
<sup>1</sup> Die Salatmenge läßt sich nicht genau bestimmen; die Umgebungstemperatur betrug 20—23° C, die relative Feuchte 30—45 %; die Zahl der Versuche = 9. Zur genauen Bestimmung des Wassergehaltes im Kot wurden Einzeltiere in Glasbecken gehalten, ihr frischer Kot gesammelt, gewogen, getrocknet und bis zur Gewichtskonstanz erneut gewogen.	

nur sporadisch aufeinander folgten. Ich habe deshalb untersucht, in welcher Weise die Fortpflanzung und Jugendentwicklung durch die Trockennahrung beeinträchtigt wird und in welchem Ausmaß sie sich von Tieren mit normaler Mischfutterernährung unterscheiden. Die Zuchtpaare und die Jungtiere wurden dazu täglich gewogen, ihre Körpertemperaturen gemessen und ihr Verhalten registriert. Es zeigte sich, daß die körperliche Entwicklung der Jungen in starkem Maße von äußeren Faktoren mitbeeinflusst wird, von der Wurfgröße, der Brutpflege, dem Temperaturschutz der Jungen (Nestbau), der Anwesenheit von Männchen und von der Konkurrenz unter den Jungen selbst. Innerhalb der verschiedenen Würfe zeigten sich bei gleichaltrigen Tieren mehrfach Gewichtsunterschiede bis nahezu 100%. Die Wachstumskurve wird somit von den herrschenden Gefangenschaftsbedingungen mitbestimmt.

1. An 2 Würfen (bestehend aus 5 und 4 Jungen verschiedenen Geschlechts) und unter vergleichbaren Aufzuchtbedingungen soll das normale Wachstum über einen Zeitraum von 120 Tagen dargestellt werden (Umgebungstemperatur 20—25° C, rel. Feuchte 20—30%). Alle Jungen waren zusammen mit ihren Muttertieren untergebracht. Am 93. und 97. Lebenstag haben 2 der jungen Weibchen wiederum geworfen (5+1 Junges), so daß nach der bereits früher ermittelten Tragzeit die Geschlechtsreife im Alter von 60—70 Tagen eingetreten war (kürzeste Zeit von Geburt zu Geburt 23 Tage). Die Mittelwertkurve der Körpergewichte von 9 Jungen (Abb. 9) zeigt ein rasches Wachstum innerhalb von 50 Tagen. Nahezu geradlinig verläuft die Kurve vom 20.—50. Tag. Dann verlangsamt sich das Wachstum erheblich. Nach 120 Tagen ist das mittlere Gewicht der erwachsenen Tiere erreicht.
2. Zum Vergleich ist in Abb. 9 auch die mittlere Gewichtszunahme von Jungen dargestellt, deren Muttertiere entweder von der Geburt der Jungen an oder schon Monate vorher nur noch Trockenfutter erhielten. Es handelt sich dabei um 9 Junge aus 5 verschiedenen Würfen; ihre Zahl pro Wurf betrug jeweils nur 1—2. Nach der Zahl der Jungen waren die Entwicklungsbedingungen also günstiger als bei den zum Vergleich herangezogenen, nur aus 2 Würfen stammenden, Normaljungen. Bei allen „Trockenjungen“ war die Entwicklung deutlich verlangsamt. Ihre Wachstumskurve verläuft etwa 90 Tage lang fast geradlinig; anschließend nehmen sie

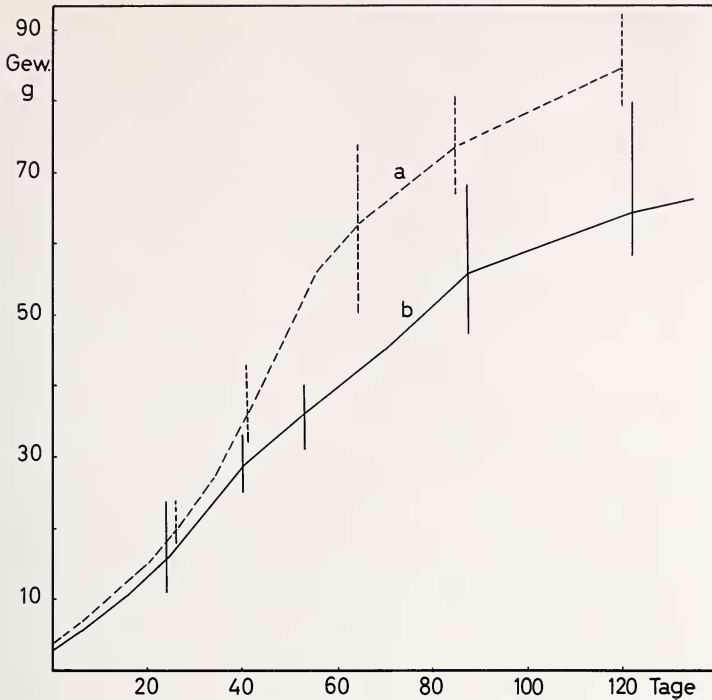


Abb. 9. Vergleich der Jugendentwicklung nach den Körpergewichten: *a.* zwei Würfe mit zusammen 9 Jungen (4 + 5) bei feuchter Diät und *b.* fünf Würfe mit insgesamt 9 Jungen bei Trockendiät (Mittel- und Extremwerte)

nur noch langsam an Gewicht zu. Auch nach 135 Tagen erreichen sie das mittlere Gewicht der Vergleichsjungen noch nicht. Am 95. Lebenstag wurde jedoch auch hier ein Junges geboren. Auffallend ist, daß die Wachstumskurven der beiden Gruppen ca. 20 Tage nach der Geburt (die Hauptsäugezeit) noch parallel verlaufen, während sie anschließend mit zunehmender Selbständigkeit der Jungen immer stärker voneinander abweichen.

3. Die fast gleichzeitige Geburt und Aufzucht von 2 Geschwisterpaaren und die sofortige Umstellung des einen Muttertieres auf Trockendiät ergab ein anschauliches Bild von der Fähigkeit dieser Wüstennager, sich auch noch unter extremen Trockenbedingungen erfolgreich fortzupflanzen (Abb. 10).
  - a. Bei Versuchsbeginn waren die Jungen bereits 2 Tage alt. Das auf Trockendiät gebrachte ♀<sub>a1</sub> stand nun unter doppelter Belastung: es hatte nicht nur die beiden Jungen zu säugen, sondern war gleichzeitig auch der starken Austrocknung ausgesetzt. Im Verlaufe von 2 Wochen verlor es  $\frac{1}{4}$  des Körpergewichtes (ca. 25 g), konnte sich aber anschließend wieder erholen. Nach etwa 40 Tagen nahm es auch bei der Trockennahrung wieder laufend an Gewicht zu, wurde nach etwa 90 Tagen erneut trächtig und brachte 1 Junges zur Welt. Im Gegensatz dazu verlor das mit Mischfutter ernährte ♀<sub>b1</sub> zunächst nur wenig an Gewicht. Es brachte nach 30 Tagen erneut, diesmal 5 Junge zur Welt. Der nun folgende starke Rückgang des Gewichtes bis zum 60. Tag zeigt, daß dieser große Wurf auch bei normaler Ernährung schon eine starke Belastung für den Wasserhaushalt eines Muttertieres bedeutet. Erst am 120. Versuchstag wurden dann erneut 2 Junge geboren.
  - b. Obwohl die beiden Trockenjungen von ♀<sub>a1</sub> zu Versuchsbeginn schwerer waren als die Kontrollen, wuchsen sie von Anfang an erheblich langsamer. Die beiden Jungen von ♀<sub>b1</sub> überholten sie schon am 4.—5. Lebenstag. 50 Tage lang nahmen die Jungen bei Mischfutter besonders rasch an Gewicht zu und erreichten zwischen dem 60. und 70. Tag das mittlere Gewicht der Erwachsenen. Nach etwa 100 Tagen waren sie so schwer wie das Muttertier.

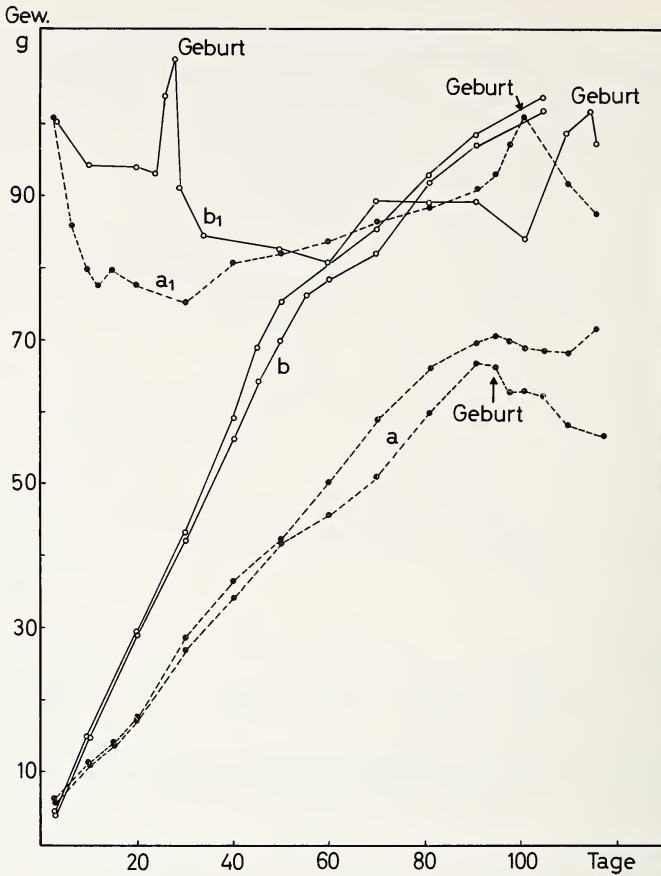


Abb. 10. Die Entwicklung (Körpergewichte) von zwei Geschwisterpaaren, *a*, bei Trocken- und *b*, bei Feuchtdiät. Zum Vergleich sind die Gewichtskurven der beiden säugenden Muttertiere eingetragen (*a*<sub>1</sub> *b*<sub>1</sub>); die weiteren Geburten sind vermerkt (s. Text)

Die beiden Trockenjungen blieben dagegen weit hinter dieser Entwicklung zurück. Bei beiden Paaren öffneten sich zwar die Augen gleichzeitig zwischen dem 17. und 19. Lebens- tag und die Entwicklung des Bewegungsverhaltens vollzog sich in parallelen Schritten, äußerlich aber wirkten die Trockenjungen wie extrem ausgehungerte Tiere. Im Alter von 90 Tagen hat das weibliche „Trockenjunge“ erstmals 2 Junge geworfen, die in einem folgenden Versuch wiederum unter ausschließlicher Trockenfütterung aufgezogen wurden. Damit war klar, daß die *Meriones*-♀♀ auch bei extremer Trockennahrung ihre Jungen noch säugen können, daß sie dabei weiterhin fortpflanzungsfähig bleiben und daß die Trockenjungen zwar äußerst langsam wachsen, aber dennoch wieder zur Fortpflanzung schreiten können. Dies gilt auch, wenn sie zeitlebens nur trockenes Körnerfutter erhalten. Die geringere Zahl der Jungen bei den unter Trockendiät gehaltenen Weibchen ist jedoch auffallend.

#### IV. Diskussion

Das riesige Verbreitungsgebiet der Gattung *Meriones* in den paläarktischen Wüsten und Trockengebieten läßt eine besonders große Toleranzbreite gegenüber den Faktoren Temperatur und Feuchte schon vermuten. Bei den mongolischen Sandratten (*Meriones unguiculatus*) fand ROBINSON (1959) eine große Widerstandsfähigkeit gegen Hitze (bis 40 Grad). Bei der in der Rajasthan-Wüste verbreiteten Art *Meriones*

*hurrianae* stellten GHOSH u. PUROHIT (1964) ebenfalls eine Hitzetoleranz bis zu 40 Grad und kurzfristig sogar bis 44 Grad fest. Der Hitzestoß, der vor allem tagsüber in Bodenähe wirksam wird, ist in vielen Wüsten aber noch wesentlich größer, so daß eine erfolgreiche Existenz nur noch unterirdisch möglich ist (Zusammenfassung bei BARTHOLOMEW und DAWSON 1968). In den Nestern und Gängen übersteigt die Temperatur nur selten die 30-Grad-Grenze (SCHMIDT-NIELSEN 1964; YUNKER u. GUIRGIS 1969). In den Gangsystemen von *Meriones libycus* hat PETTER (1953) sogar nur 15–20 Grad C (20–50% rel. Feuchte) gemessen. Während sich die Tageshitze nur kurzfristig auf die Tiere auswirkt, z. B. wenn sie durch besondere Umstände zum Verlassen der Baue gezwungen werden, kann in den Wüsten mit ausgeprägten Winterklimaten die Kälte zu einer anhaltenden Belastung werden. Unter Gefangenenschaftsbedingungen beobachtete PETTER (nach DEKEYSER 1959) bei der palästinensischen Art *Meriones tristami* auch eine Kältelethargie.

Eine Untersuchung der thermoregulatorischen Fähigkeiten der in den vorderasiatischen Wüsten lebenden *Meriones crassus* war aus diesem Grunde besonders interessant. Alle Versuche mit den adulten Tieren wurden so angelegt, daß immer genügend Zeit zu einer langsamen Temperaturanpassung bestand. In Stufen von 24 Std. stieg oder sank dabei die UT. In allen derartigen Versuchen reagierten die Sandratten mit einem der jeweiligen UT entsprechenden Verhalten: Niedere UT (bis 5 Grad) veranlaßte sie zum Bau eines besonders dichten Nestes und zu einer sehr kennzeichnenden Schlafstellung. Sie kauerten sich fast zu einer Kugel zusammen, wobei ihr Haar stark gestäubt war. Ihre Aktivität war deutlich vermindert. In keinem Falle, auch nicht nach 5 Tagen Kältebelastung (5 Grad) gerieten sie in einen lethargischen oder winterschlafähnlichen Zustand. Ihre KT blieb unverändert. Auf Berührungsreize waren sie sofort wach.

Unter deutlichem Hitzestress befanden sich die Tiere, sobald die UT 35 Grad erreichte. Sie bauten dann kein Nest mehr, sondern legten sich zum Schlaf einzeln auf den Rücken oder zur Seite und streckten die Beine weit von sich. Ihre Aktivität beschränkte sich auf die Nahrungsaufnahme und häufiges Graben im Sand, der sich in dem Klimaraum etwas langsamer erwärmte als die Luft. Sie legten sich kurzfristig mit der Bauchseite und mit vor und rückwärts gestreckten Beinen in die frisch ausgehobene Sandmulde (Abb. 3). Sobald die UT das Niveau der Körpertemperatur erreichte, begann ein eifriges Beleckern und Einspeicheln der Kehle und der Körperflanken, wie es auch von zahlreichen anderen Nagetieren bei starker Hitzebelastung bekannt ist (SCHMIDT-NIELSEN 1964; KIRMIZ 1962; HUDSON 1962; CARPENTER 1966; YOUSEF u. DILL 1971). In welchem Maße dadurch eine Entlastung durch die Verdunstungskühlung entsteht, ist noch nicht klar. Daß es sich dabei um eine Notreaktion handelt, geht schon aus der Tatsache hervor, daß sich die Tiere um so intensiver einspeicheln, je höher die UT steigt. Während einer einstündigen Hitzeeinwirkung von 44 Grad (rel. Feuchte 20–35%) beleckten sie fast ununterbrochen ihr Fell und versuchten, aus dem Käfig zu springen. Ihre KT war bereits bei 37 Grad UT nach 24 Std. deutlich angestiegen. Die höchste in den Versuchen gemessene Körpertemperatur betrug 43,3 Grad (UT 44 Grad); sie wurde 60 Min. noch ohne Schaden ertragen. Umgebungstemperaturen um 32° (24 Std.) haben dagegen noch keinen Einfluß auf die KT. Der nordamerikanischen Känguruh-Maus (*Dipodomys merriami*) und ihren nahe verwandten Arten, die meist schon bei 39° UT innerhalb weniger Stunden den Hitzetod sterben, ist *Meriones crassus* überlegen. Sicherlich spielen dabei auch Akklimatisationsprozesse eine Rolle, wie sie von YOUSEF und DILL (1971) für *Dipodomys merriami* gefunden wurden.

Einen besonderen Temperaturschutz gewähren die *Meriones*-♀♀ ihren Jungen (Abb. 11). Sie bauen ein der UT entsprechendes Nest und verlassen die Neugeborenen nur kurzfristig, um selbst Nahrung zu sich zu nehmen. Eine längere Entfernung

würde rasch die Auskühlung der Jungen zur Folge haben, die erst im Verlaufe der dritten Lebenswoche den homoiothermen Zustand erreichen. Dieser Reifezustand tritt gerade dann ein, wenn die Fähigkeit der Temperaturregulation auch erforderlich ist, denn die Jungen verlassen in diesem Alter erstmals für längere Zeit das Nest. Ihre Augen sind nun geöffnet und ihr Haarkleid bildet bereits eine wärmeisolierende Hülle. Im Vergleich zu anderen Nagetieren gleicher Körpergröße (ÖSTBYE 1965) erfolgt dieser Entwicklungsschritt bei den *Meriones*-Jungen erst sehr spät.

Eine für die Wüstennager lebenswichtige Anpassung ist ihr weitgehender Verzicht auf *exogenes Wasser* (Zusammenfassung bei SCHMIDT-NIELSEN 1964, CHEW 1951, 1961, 1965). Diese Fähigkeit ist vor allem bei den nordamerikanischen Wüstenmäusen (Heteromyidae) verbreitet; sie hat sich *konvergent* auch bei zahlreichen Nagetieren der paläarktischen und der australischen Wüsten entwickelt (KIRMIZI 1962; DEKEYSER u. DERIVOT 1959; McMILLEN u. LEE 1967). Nach WINKELMANN u. GETZ (1962) konnte *Meriones unguiculatus* 50 Tage bei luftgetrockneter Nahrung im Labor gehalten werden. Eine entsprechend lange Austrocknung ertragen auch *Meriones libycus* (PETTER 1953) und *Meriones hurrianae* (GHOSH 1965; GHOSH u. PUROHIT 1964). ROUFFIGNAC u. MOREL (1966) fanden bei *Meriones shawii* nach Wasserentzug nur einen vorübergehenden Gewichtsverlust. Nach SCHMIDT-NIELSEN (1964) konnte

SHKOLNIK auch *Meriones crassus* mit geringer Veränderung des Körpergewichtes unter Trockenbedingungen halten. Unter den in unseren Laboratorien herrschenden Bedingungen wurde die genannte Art 2–3 Jahre bei Trockendiät gehalten. Wahrscheinlich benötigen die Tiere weder Trinkwasser noch frische Pflanzennahrung. Alle Austrocknungsversuche führten zu dem gleichen Ergebnis: Nach einem anfänglichen Gewichtsverlust (bis zu  $\frac{1}{4}$  des Anfangsgewichtes) erfolgt eine Stabilisierung, die in eine dritte Phase der Erholung übergeht, in der wieder eine erhebliche Gewichtszunahme – auch bei fortgesetzter Trockennahrung – folgt. Offenbar werden als Reaktion auf den Wasserentzug die Fettdepots aufgefüllt, wie dies auch von anderen Wüstennagern bekannt ist (GHOSH 1965; McNAB 1968). Sofort



Abb. 11. *Meriones*-♀ mit Jungen unter Kältebedingungen in einem geschlossenen Nest (oben); das ♀ verläßt das Nest nur kurz, um die Unterkühlung der Jungen zu vermeiden (unten)

nach der Umstellung auf Trockenfutter sinkt die Aktivität der Tiere ab. Ihre Schlafstellung gleicht derjenigen bei Kältebelastung. Ihre KT ändert sich jedoch nicht. Selbst eine langsame Aushungerung führte nicht zu lethargie- oder winterschlafähnlichen Erscheinungen.

Die starke Einschränkung des Wasserhaushaltes ist nur möglich, wenn die Wasserverluste durch Verdunstung, vor allem aber bei der Urinbereitung und über den Kot reduziert werden. Zusammenfassende Darstellungen darüber geben SCHMIDT-NIELSEN 1964, KIRMIZ 1962, CARPENTER 1966, CHEW 1965. Eine der höchsten Harnstoffkonzentrationen unter den Säugetieren fand SCHMIDT-NIELSEN (1964) bei *Dipodomys merriami* (4320 mM/l). Er bestimmte ferner die Gesamtelektrolytkonzentration im Urin von *Meriones crassus* mit 1793 mEq/l. Nach WINKELMANN (1962) ist *Meriones unguiculatus* wie viele andere Wüstennager in der Lage, auch noch Salzwasser (0,8 m) zur Deckung des Wasserbedarfes zu trinken. HUMMEL (1963) untersuchte den Wasser- und Elektrolythaushalt der nordafrikanischen Art *Meriones shawi*. Er fand in Belastungsversuchen mit NaCl-Lösungen im Harn eine NaCl-Konzentration von 12% (13fach hypertonisch gegenüber dem Serum). Ähnliche Ergebnisse erzielte auch GRISARD-OPERSCHALL (1968) bei Nierenfunktionsprüfungen.

Die Messung der täglichen Urinmenge, der Gesamtkonzentration der darin gelösten Stoffe und Messung des Wasseranteils im Kot ergaben bei *Meriones crassus* unter Laborbedingungen nach der Umstellung auf Trockennahrung einen erheblich eingeschränkten Wasserverlust. Die Urinmenge verringerte sich auf  $\frac{1}{5}$ , die Urinkonzentration stieg auf das 3fache und der Wassergehalt im Kot sank um etwa 10% des Normalwertes bei Mischfutter. Diese Werte decken sich weitgehend mit denen von *Jaculus jaculus* (KIRMIZ 1962), einem unter ähnlichen Bedingungen lebenden Nager der paläarktischen Wüsten.

Für den Erfolg oder Mißerfolg einer Art unter extremen Umweltfaktoren ist schließlich die Fortpflanzung entscheidend. Das Säugen der Jungen unter den extremen Trockenbedingungen verursacht eine Streß-Situation, die den Wasserhaushalt auf das Äußerste beansprucht. Darüber liegen bis jetzt nur wenige Untersuchungen vor (CHEW u. BUTTERWORTH 1958). Daß die Fähigkeit zur Fortpflanzung auch unter den extremen Trockenbedingungen nicht unterbrochen wird, zeigen die Versuche an den *Meriones*-♀♀, die niemals in ihrem Leben Trinkwasser oder frische pflanzliche Nahrung erhielten; sie wurden unter den Laborbedingungen trächtig, gebären und säugten ihre Jungen, die dann selbst wieder bei ausschließlicher Trockennahrung zur Fortpflanzung schritten. Auffallend war jedoch die geringe Zahl der Jungen pro Wurf im Vergleich zu den bei Mischfutter gehaltenen Kontrolltieren. Eine Untersuchung des hormonalen Zyklus bei *Meriones crassus*-♀♀ (GÜNTNER 1972) zeigte, daß auch nach jahrelanger Trockennahrung die Östrusphasen noch regelmäßig ablaufen.

### Zusammenfassung

Die Sandratten der Art *Meriones crassus* gehören mit zu den ökologisch erfolgreichsten Altwelt-Wüstennagetieren. Unter Laboratoriumsbedingungen wurde ihre Toleranz gegen Hitze, Kälte und extreme Trockenheit untersucht.

1. Ihre mittlere Rectaltemperatur beträgt  $36,6 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ . Bei aktiven Tieren kann sie bis  $39^{\circ}\text{C}$  ansteigen. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen ( $5^{\circ}\text{C}$ ) verharren die Tiere in Schlafstellung, ohne dabei in Kältelethargie oder Winterschlaf zu geraten. Bei hohen Umgebungstemperaturen verlassen sie ihre Nester. Bei  $30^{\circ}$  setzt eine erhöhte Grabaktivität ein; über  $37^{\circ}$  speicheln sich die Tiere ein. Erst bei  $35\text{--}37^{\circ}$  steigt auch ihre Körpertemperatur an.
2. Etwa 14 Tage bleiben die Jungen im Nest unter dem wärmenden Körper des Muttertieres. Erst im Verlaufe der dritten Woche erreichen sie den homiothermen Zustand und verlassen dann das Nest.
3. Die Sandratten trinken nicht, fressen aber gerne gemischtes Körnerfutter, Salat und Obst. Eine Umstellung der Ernährung auf luftgetrocknetes Körnerfutter (20–40% rel. Luft-

- feuchte 20—25° C) führt innerhalb von 2 Wochen zu einem beträchtlichen Gewichtsverlust (bis 26%). Anschließend folgt eine Gewichtsstabilisierung (6—10 Tage) und dann erneut eine starke Zunahme, so daß meist das Ausgangsgewicht wieder erreicht wird. Erneute Umstellung und feuchte Diät führt zu einem raschen Gewichtsanstieg. *Meriones crassus* kann unter Laborbedingungen mehrere Jahre allein mit trockenem Körnerfutter ernährt werden.
4. Unter den Trockenbedingungen verringern die Tiere die Urinmenge auf  $\frac{1}{5}$  und konzentrieren die darin gelösten Stoffe etwa 3fach. Auch der Wassergehalt des Kotes wird verringert.
  5. Die Sandratten pflanzen sich auch unter extremen Trockenbedingungen fort. Die Muttertiere säugen ihre Jungen, auch wenn sie selbst nur Trockenfutter erhalten. Junge, die nur mit trockenem Körnerfutter aufgezogen wurden, schritten selbst wieder zur Fortpflanzung. Ihre körperliche Entwicklung erfolgt jedoch nur sehr langsam.

### Summary

#### *Temperature-Regulation and Water-Balance in the Sandrat Meriones crassus Sund., 1842*

Sand rats of the species *Meriones crassus* belong to an ecologically most successful group of Old World desert rodents. Their tolerance of heat, cold and extreme dryness was studied under laboratory conditions.

1. Their mean rectal temperature is  $36,6 \pm 0,8^{\circ}$  C. In active animals temperature rises to  $39^{\circ}$  C. At low ambient temperatures ( $5^{\circ}$  C) the sand rats remain in a sleeping position, but do not hibernate or enter a torpor. At high ambient temperatures they leave their nests. High burrowing activity commences at  $30^{\circ}$  C. Above  $37^{\circ}$  C the animals begin to salivate and spread saliva over their jaws, chest and fore-legs. From  $35$ — $37^{\circ}$  C their body temperature rises too.
2. For the first fortnight the new-born sand rats remain in the nest, warmed continuously by the mother sand rat. In the course of the third week they exhibit first homeothermic reactions and then leave the nest.
3. Sand rats do not drink. The animals were fed on a mixed diet of oats, wheat kernels, sunflower seed, lettuce and various fruits. After a period of adjustment lettuce and fruits were withheld altogether. In the following fortnight *Meriones crassus* lost up to 26% of the initial body weight. This low weight was maintained for some 6—10 days and then increased anew. Under laboratory conditions *Meriones crassus* can subsist on dry seeds alone (rel. hum. 20—40%, 20—25° C).
4. Following water deprivation the amount of urine decreased immediately whilst the level of concentration increased about threefold. The water content of the faeces was similarly reduced.
5. Sand rats breed even under condition of extreme aridity. Mother sand rats lactate. At an age of 90 days young sand rats will breed, even though they have been deprived of water, but increase in body weight is much slower than in litters fed on a mixed diet including lettuce.

### Literatur

- BARTHOLOMEW, G. A.; DAWSON, W. R. (1968): Temperature regulation in desert mammals. In: BROWN, G. W., Desert Biology, Acad. Press, 395—421.
- CARPENTER, R. E. (1966): A comparison of thermoregulation and water metabolism in the kangaroo rats *Dipodomys agilis* and *Dipodomys merriami*. Univ. Calif. Publ. Zool. 78, 1—36.
- CHEW, R. M. (1951): The water exchanges of some small mammals. Ecol. Monogr. 21, 215—225.
- (1961): Water metabolism of desert-inhabiting Vertebrates. Biol. Rev. 36, 1—31.
- (1965): Water metabolism in mammals. In: Physiol. Mammalogy II, Ed. W. Mayer u. R. Van Gelder, Acad. Press, 43—178.
- CHEW, R. M.; BUTTERWORTH, B. B. (1959): Growth and development of Merriams kangaroo rat, *Dipodomys merriami*. Growth 23, 75—95.
- DEKEYSER, P. L.; DERIVOT, J. (1959): La vie animale au Sahara. Lib. Armand Colin, Paris, Nr. 332.
- GHOSH, P. K. (1965): Maintenance of homeostasis in desert mammals. Science and Culture 31, 492—494.
- GHOSH, P. K.; PUROHIT, K. G. (1964): Effects of water stress on gross body composition and renal function in small desert mammals. General Sympos. „Problems of Indian arid zone“ Sess. IV, 535—550.

- GHOSH, P. K.; GAUR, B. S. (1966): A comparative study of salt tolerance and water requirements in desert rodents, *Meriones hurrianae* and *Gerbillus gleadowi*. Ind. J. Exp. Biol. 4, 228—230.
- GRISARD-OPERSCHALL, P. (1968): Untersuchungen über die Nierenfunktion von *Meriones shawii*. Rev. suisse Zool. 75, 5—41.
- GÜNTHNER, P. (1971): Der Ovarial-Zyklus von *Meriones crassus* unter Gefangenschaftsbedingungen. Wiss. Arbeit z. Staatsexamen, Zoo-physiol. Inst. Tübingen.
- HUDSON, J. W. (1962): The role of water in the biology of the antelope ground squirrel, *Citellus leucurus*. Univers. Calif. Publ. Zool. 64, 1—56.
- HUMMEL, R. (1963): Untersuchungen über den Elektrolyt- und Wasserhaushalt von *Meriones shawii* (Duvernoy). Helv. physiol. pharmacol. Acta Suppl. 14, 1—75.
- KIRMIZ, J. P. (1962): Adaptation to desert Environment, a study on the jerboa, rat and man. Butterworths, London.
- LEWIS, R. E.; LEWIS, J. H.; HARRISON, D. L. (1965): On a collection of mammals from northern Saudi Arabia. Proc. Zool. Soc. London, 144, 61—74.
- McMILLEN, R. E.; LEE, A. (1967): Australian desert mice: Independence of exogenous water. Science 158, 383—386.
- McNAB, B. K. (1968): The influence of fat deposits on the basal rate of metabolism in desert homoiotherms. Comp. Biochem. Physiol. 26, 337—343.
- ÖSTBYE, E. (1965): Development of thermoregulation in relation to age and growth in the Norwegian lemming (*Lemmus lemmus* L.). Nytt. Mag. Zool. 12, 65—75.
- PETTER, F. (1953): Note préliminaire sur l'éthologie et l'écologie de *Meriones libycus* (Rongeurs Gerbillides). Mammalia, 17, 281—294.
- ROBINSON, P. E. (1959): Metabolism of the gerbil *Meriones unguiculatus*. Science 130, 502 bis 503.
- ROUFFIGNAC de, Ch.; MOREL, F. (1966): Étude comparée du renouvellement de l'eau chez quatre espèces de rongeurs, dont deux espèces d'habitat désertique. J. Physiol. (Paris) 58, 309—322.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. (1964): Desert animals, physiological problems of heat and water. Clarendon Press, Oxford.
- WINKELMANN, J. R.; GETZ, L. L. (1962): Water balance in the Mongolian gerbil. J. Mammal. 43, 150—154.
- YOUSEF, M. K.; DILL, D. B. (1971): Responses of Merriam's kangaroo rat to heat. Physiol. Zool. (Chicago) 44, 33—39.
- YUNKER, C. E.; GUIRGIS, S. S. (1969): Studies of rodent burrows and their ectoparasites in the Egyptian desert. 1. Environment and Microenvironment. J. Egypt. Publ. Health Ass. XLIV, 498—542.
- Anschrift des Verfassers:* Prof. Dr. E. KULZER, Zoophysiolgisches Institut der Universität, 7400 Tübingen, Hölderlinstraße 12

## The Occurrence of a "Pale-pelage" Mutant in the Rice Rat, *Oryzomys palustris natator* (Chapman), of the Dundee Colony

By B. J. A. NOWOSIELSKI-SLEPOWRON

*Department of Biological Sciences, The University, Dundee, Scotland*

*Receipt of Ms. 10. 3. 1972*

During an investigation of the longevity and fecundity of the Dundee rice rat colony (PARK and NOWOSIELSKI-SLEPOWRON 1972) the individual record cards revealed the presence of five members distinguishable by a yellowish-white pelage — regarded for